

Svjetlana Hess

STOHAISTIČKI MODELI U UPRAVLJANJU LUČKIM SUSTAVOM

Osnovna je svrha i cilj istraživanja disertacije mr.sc. Svjetlane Hess bila znanstveno utemeljeno odrediti načine i mogućnosti te obrazložiti opravdanost primjene stohastičkih modela u upravljanju lučkim sustavom. Da bi se ta svrha i cilj ostvarili, učinjeno je sljedeće:

- definiran je lučki sustav pomoću načela teorije općih sustava,
- praćeno je ponašanje lučkog sustava kroz stanja i prijelaze između stanja tijekom vremena,
- obrazložena je važnost i način upravljanja lučkim sustavom u kojem je poslovanje podređeno nekim slučajnim čimbenicima,
- postavljeni su modeli za upravljanje lučkim sustavom: model Markovljevog lanca s prihodima, model optimalnih strategija upravljanja lancima Markova, model za prognoziranje potražnje za lučkom uslugom i model za ispitivanje konkurentnosti promatrane luke s obzirom na njoj susjedne.

Testiranje modela koje je obavljeno na odabranim i reprezentativnim primjerima potvrdilo je postavljenu znanstvenu hipotezu o djelotvornoj primjeni stohastičkih modela u upravljanju lučkim sustavom. Vrijednost predloženih modela je u mogućnosti njihove primjene za uspješno upravljanje lukom.

Doktorska disertacija izrađena je pod mentorstvom izv.prof.dr.sc. Zdenke Zenzerović. Rukopis doktorske disertacije ima opseg od 172 stranice bez priloga, a u tekst je inkorporirano 19 tabela, 21 shema, 6 grafikona i 2 priloga te bibliografski opus od 108 bibliografskih jedinica.

U svjetskom je gospodarstvu uloga prometa, a posebno pomorskog prijevoza, od iznimne važnosti jer se najveće količine robe prevoze morskim putem. U procesu proizvodnje prometne usluge morska je luka karika u lancu prometa robe od proizvođača do potrošača, odnosno od izvoznika do uvoznika. Funkcioniranje lučkog sustava stoga mora biti besprijekorno, a kapaciteti trebaju odgovarati očekivanoj potražnji za lučkom uslugom, da ne bi došlo do pojave uskih grla. Zbog toga je za **objekt znanstvenog istraživanja** odabran sustav morske luke kao primarni objekt, dok sekundarni objekt predstavljaju stohastički modeli u funkciji upravljanja lučkim sustavom.

Budući da je promet tereta neravnomjeran, oscilacije prometa u lukama, koje se ne mogu izbjeći niti unaprijed utvrditi količinski, utječu na potrebu dimenzioniranja kapaciteta i njegovo usklađivanje s veličinom potražnje za lučkim uslugama. S obzirom da promet ima obilježje stohastičkog, tj. slučajnog procesa u statističkom smislu, javlja se neadekvatna iskoristivost postojećih kapaciteta, planiranje kojih je vrlo složen zadatak.

Sukladno problematici znanstvenoga istraživanja u okviru ove doktorske disertacije doktorandica Svjetlana Hess postavila je **znanstveni problem istraživanja**.

Premda se više desetljeća izučavaju, unapređuju i uspješno primjenjuju različiti stohastički modeli u procesima proizvodnje materijalnih dobara i usluga u upravljanju poslovnim sustavima, o mogućnostima upravljanja sustavima morskih luka primjenom stohastičkih modela gotovo da nema ni teorijskih rasprava. To je razlog zašto se taj problem trebao konzistentno istražiti, utvrditi i primjereno riješiti jer predstavlja ograničavajući čimbenik razvoja luke, a time i razvoja cjelokupnog gospodarstva matične države.

Iz takve problematike i problema istraživanja definiran je **predmet znanstvenog istraživanja**: istražiti i konzistentno utvrditi sve relevantne teorijske značajke i čimbenike lučkog sustava općenito, posebice pratiti ponašanje lučkog sustava kroz stanja i prijelaze između stanja tijekom vremena, pratiti iskoristivost postojećih kapaciteta te predložiti modele za uspješno upravljanje lučkim sustavom, odnosno dimenzioniranje kapaciteta na način da se usklade s veličinom potražnje za lučkom uslugom.

Prikazanim modelima u ovoj disertaciji nisu obuhvaćeni svi procesi u luci. Razlog tomu je činjenica da se pri proizvodnji lučke usluge odvijaju mnogobrojni i raznovrsni procesi. Shematski prikaz svih ovih procesa bio bi vrlo složen i nepregledan, a zahtijevao bi i postavljanje velikog broja jednadžbi te time otežao postupak rješavanja i analizu rezultata postavljenog modela. Stoga je trebalo ići na pojednostavljenje grupiranjem više procesa u jedan, što je načinjeno u modelima u ovoj disertaciji, ili pak promatrati zasebno svaki segment u procesu proizvodnje lučke usluge, odnosno svaki lučki podsustav promatrati izolirano kao jedan sustav. U tom se slučaju svaki podsustav može detaljnije opisati.

Sukladno problematici istraživanja, znanstvenom problemu istraživanja i predmetu znanstvenog istraživanja, postavljena je temeljna **znanstvena hipoteza: uspješno upravljanje sustavima morskih luka moguće je primjenom metoda i postupaka teorije slučajnih, odnosno stohastičkih procesa.**

Za ostvarenje cilja istraživanja postavljene su sljedeći zadaci:

1. sistematizirati i analizirati dosadašnje teorijske i empirijske pristupe modeliranju poslovnih sustava;
2. definirati načela teorije općih sustava;
3. obrazložiti važnost i način upravljanja poslovnim sustavom u kojem je poslovanje podređeno nekim slučajnim čimbenicima;
4. definirati pojam i vrste stohastičkih procesa, posebno Markovljeve procese;
5. navesti i opisati stohastičke modele;
6. definirati i opisati morsku luku kao složen poslovni dinamički sustav, a posebno opisati tokove tereta;
7. primijeniti matematičku teoriju upravljanja, koja se bazira na slučajnim funkcijama, na lučki sustav koji je stohastičke prirode;
8. postaviti model za optimalne strategije upravljanja morskom lukom pomoću lanaca Markova;
9. primijeniti Markovljev model za prognozu lučkog prometa;
10. objasniti utjecaj primjene stohastičkih modela na uspješnost poslovanja lučkog sustava;
11. kvantificirati konkurentnost između luka;
12. postavljene modele testirati na konkretnim primjerima.

Rezultate znanstvenoga istraživanja doktorandica mr.sc. Svjetlana Hess predočila je u sedam međusobno povezanih dijelova.

U prvom dijelu, **Uvodu**, definiran je problem koji se namjerava istražiti, postavljena je hipoteza da je uspješno upravljanje lučkim sustavom moguće primjenom teorije slučajnih procesa i odabrana tema doktorske disertacije. U skladu s definiranim problemom istraživanja postavljen je osnovni cilj koji se sastoji u prikazu načina i mogućnosti te u obrazlaganju opravdanosti primjene slučajnih procesa u upravljanju lučkim sustavom. Taj se cilj postiže rješanjem zadataka istraživanja primjenom odgovarajućih znanstvenih metoda. Pregledno je data ocjena dosadašnjih istraživanja tretirane problematike, opisane korištene znanstvene metode i obrazložena struktura doktorske disertacije.

U drugom dijelu s naslovom **Upravljanje poslovnim sustavom sa stajališta teorije općih sustava** obrazložena je važnost i nastanak teorije općih sustava, navedena su opća načela kibernetiskog i sustavnog pristupa. Značenje novog metodološkog pristupa teorije općih sustava, primijenjenoga u ovoj disertaciji, na području tehničkih znanosti u rješavanju tehničkih, tehnoloških, organizacijskih i ekonomskih problema ogleda se posebno u: razradi odgovarajućih modela, detaljnih matematičkih opisa proučavanih tehničkih sustava i procesa te u razradi i korištenju matematičkih metoda za postavljanje modela i traženje optimalnih rješenja postavljenih zadataka. Budući da je za model koji se koristi dalje u disertaciji uvjet da se promatrani sustav raščlani na svoje elemente i veze između elemenata definirana je sveukupnost raščlambe i veza (Universe of Discourse and Couplings-UC struktura), a zatim je sustav prikazan kroz stanja i prijelaze između stanja te su stoga definirana stanja i prijelazi (State-Transition – ST struktura). Potom je navedeno više definicija upravljanja i odabrana ona definicija koja će se dalje koristiti za potrebe dokazivanja postavljene hipoteze.

Modeliranje stohastičkih procesa je naslov trećeg dijela. U tome je dijelu dana definicija, obilježja i vrste stohastičkih procesa. To su matematički objekti, funkcije sa slučajnom komponentom, koja je prisutna u prometnim sustavima pa tako i u lučkom sustavu. Istaknuta su svojstva Markovljevih procesa, budući da upravo ti procesi, kao jedna vrsta stohastičkih procesa, imaju poseban praktičan značaj u planiranju prometnih kapaciteta. Na kraju su definirani stohastički modeli.

Sadržaj četvrtog dijela s naslovom **Sustavni pristup definiranju tehničko-tehnoloških značajki morske luke** odnosi se na definiranje luke kao sustava, navode se obilježja luke kao sustava, opisuju se struktura lučkog sustava (podsustavi) i obrazlaže način funkcioniranja morske luke. Za potrebe modeliranja lučkog sustava navedena su tehnička obilježja, definirani lučki kapaciteti te detaljno opisani tehnološki procesi koji se odvijaju u luci. Radi ostvarenja osnovnog uvjeta za upravljanje lučkim sustavom stohastičkim modelima, primijenjena je metodologija teorije općih sustava, definirana je aktivnost i ponašanje lučkog sustava te prikazana UC i ST struktura lučkog sustava.

Najveća pozornost posvećena je petom dijelu s naslovom **Upravljanje lučkim sustavom primjenom stohastičkih modela**, budući da se u ovom dijelu disertacije provjerava istinitost postavljene hipoteze. Najprije je prikazano svojstvo stohastičnosti u lučkom sustavu, a potom je opisan zakon razdiobe vjerojatnosti stanja. Posebno je značajan dio koji se odnosi na postavljanje matematičkog modela u obliku sustava diferencijalnih jednadžbi na temelju ST strukture lučkog sustava. Objašnjen je način postavljanja sustava diferencijalnih jednadžbi te su navedene moguće metode njihova rješavanja (primjenom računalnog programa Mathematica i primjenom računalnog programa CARMS). Model je testiran na

konkretnom primjeru kontejnerskog terminala riječke luke. Istaknuta je važnost planiranja lučkih kapaciteta i optimalnih strategija upravljanja lučkim sustavom Markovljevim lancima. Postavljeni modeli: model Markovljevog lanca s prihodima i model optimalnih strategija upravljanja Markovljevim lancima primijenjeni su na primjeru kontejnerskog terminala riječke luke. Na kraju su postavljeni regresijski model i Markovljev model prognoze lučkog prometa pomoću kojih se može prognozirati udio po lukama od ukupne količine tereta koji gravitira odabranim lukama. Model prognoze je primijenjen na luke Rijeka, Kopar i Trst koje imaju približno isto gravitacijsko područje sa stanovitim razlikama u opsluživanju tržišta. Prikazani modeli su primjenjivi ne samo za ilustrirane primjere, već i za bilo koji drugi lučki, odnosno poslovni sustav.

U šestom dijelu disertacije s naslovom **Stohastički modeli u funkciji uspješnog upravljanja lučkim sustavom** analiziraju se čimbenici koji utječu na uspješnost poslovanja, navode pokazatelji, s posebnim naglaskom na konkurentnost, te istražuju načini poboljšanja uspješnosti poslovanja s ciljem da se utvrdi kako primjena stohastičkih modela vodi ka uspješnom upravljanju lučkim sustavom. Nakon osvrta na stohastičke modele u praćenju uspješnosti poslovanja, u ovom je dijelu disertacije predstavljena usporedba konkurentnosti čija je glavna svrha odrediti kolika je konkurentnost riječke luke u odnosu na njoj susjedne luke za različite vrste roba i za različita odredišta u gravitacijskom području.

U **Zaključku** su sintetizirani rezultati do kojih se došlo znanstvenim instrumentarijem u rješavanju postavljenih zadataka i ostvarivanju osnovnog cilja ove doktorske disertacije, kojim je dokazana postavljena znanstvena hipoteza.

Doktorska disertacija doktorandice mr.sc. Svjetlane Hess je originalan znanstveni rad koji daje doprinos tehnologiji prometa i transporta u sljedećem:

- Sveobuhvatni i sistematizirani prikaz dosadašnjih modela i rezultata na području upravljanja poslovnim odnosno lučkim sustavom, uzimajući u obzir mogućnosti i uvjete primjene teorije stohastičkih procesa.
- Doprinos u području istraživanja stohastičkih procesa u konkretnom poslovnom sustavu; procesi u luci imaju stohastička obilježja, a u Hrvatskoj do sada luka kao poslovni sustav nije definirana na ovaj način te je potrebno istražiti koja je korist od definiranja luke kao stohastičkog sustava i upravljanja njime te koje su mogućnosti praćenja poslovanja.
- Postavljanje stohastičkog modela za upravljanje i praćenje uspješnosti poslovanja lučkog sustava kroz stanja i prijelaze između pojedinih stanja sa sustavom diferencijalnih jednadžbi dobivenim iz ST strukture lučkog sustava,
- Postavljanje stohastičkog modela Markovljevog lanca s prihodima,
- Izrada modela optimalnih strategija upravljanja Markovljevim lancima,
- Ocjenjivanje potražnje za lučkom uslugom postavljanjem regresijskog modela te prognoza udjela prometa po konkurentnim lukama Markovljevim lancem,
- Usporedba konkurentnosti pojedinih luka za različite vrste tereta do određenih odredišta s indeksom konkurentnosti,
- Primjena navedenih modela na konkretne primjere s naglaskom na njihovu primjenjivost na bilo koji lučki sustav.

Navedeni bi se modeli mogli koristiti:

- za ocjenjivanje trenutnog stanja poslovanja lučkog sustava, ukazujući na to koji su procesi, odnosno stanja, ključni, a koji su kritični,
- za otkrivanje neefikasnoga funkcioniranja lučkog sustava te slabe iskoristivosti kapaciteta,
- za utvrđivanje uloge i položaja konkretne luke u odnosu na konkurentne luke u poslovnom okruženju,
- kao instrumentarij koji lučki sustav može koristiti u svrhu unaprjeđenja uspješnosti poslovanja i povećanja konkurentne sposobnosti na tržištu pružanja usluga,
- kao mjera uspješnosti poslovanja i pokazatelj potencijala konkretnoga lučkog sustava za različite interesno-utjecajne grupe kao što su poslovni partneri, postojeći i potencijalni investitori, zaposlenici, društvo u cjelini, itd.

Prema tome, znanstveni doprinos ove doktorske disertacije je u **postavljenim i primijenjenim stohastičkim modelima koji omogućuju uspješno upravljanje lučkim sustavom**. Matematički modeli prikazani u ovoj disertaciji mogu poslužiti kao teorijska osnova za modeliranje tehničko-tehnoloških procesa bilo kojeg poslovnog sustava u različitim granama prometa.

Dr.sc. Zdenka Zenzerović